



Ingeniørforeningens Energiplan 2030

opdaterede samfundsøkonomiske beregninger

Lund, Henrik; Mathiesen, Brian Vad

Publication date:
2008

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Lund, H., & Mathiesen, B. V. (2008). *Ingeniørforeningens Energiplan 2030: opdaterede samfundsøkonomiske beregninger*. Ingeniørforeningen i Danmark, IDA.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Ingeniørforeningens Energiplan 2030

Opdaterede beregninger

Ingeniørforeningens Energiplan 2030

- opdaterede samfundsøkonomiske beregninger

Notat af Henrik Lund og Brian Vad Mathiesen, Aalborg Universitet, 9. maj 2008

Dette notat redegør for supplerende samfundsøkonomiske beregninger af Ingeniørforeningens Energiplan 2030 [1] med opjusterede kul-, olie- og naturgaspriser jf. de seneste stigninger i olieprisen (forår 2008).

Desuden er der gennemført beregninger med opjusterede priser iht. Energistyrelsens seneste justeringer af de samfundsøkonomiske forudsætninger (februar 2008) [2], hvilket har omfattet en justering af dollarkurs, biomasse og CO₂-handelspriser samt vindkraft- og solcelleanlægspriser.

Arbejdet omfatter:

1. En beregning af den samlede plan med opjusterede kul-, olie- og naturgaspriser svarende til et oliepris-niveau på 124 USD/tønde. Beregningen supplerer de tidligere tre prissæt svarende til oliepriser på hhv. 40, 68 og 96 USD/tønde, idet alle øvrige forudsætninger er de samme (inkl. den tidligere anvendte dollarkurs på 6,00 DKK/USD).
2. En supplerende beregning for tre af ovennævnte fire oliepriser med opjusteringer af biomasse-, CO₂ handels-, vindkraft- og solcelle- omkostninger.
3. En beregning af IDA energiplanens enkelttiltag med nuværende oliepriser samt øvrige opjusteringer. Nuværende oliepriser er her defineret ved olieprisen 120 USD/tønde i kombination med en dollarkurs på 4,80 DKK/USD. I ugen 5.-9. maj, hvor dette notat er udarbejdet, har olieprisen svinget mellem 115 og 124 USD/tønde. Dette svarer til ovennævnte pris-niveau 96 US\$/tønde, idet der i ovennævnte prissæt (af hensyn til sammenligningen) er taget udgangspunkt i Energistyrelsens forudsætninger (2006) som opererer med en dollarkurs på 6,00 DKK/USD.

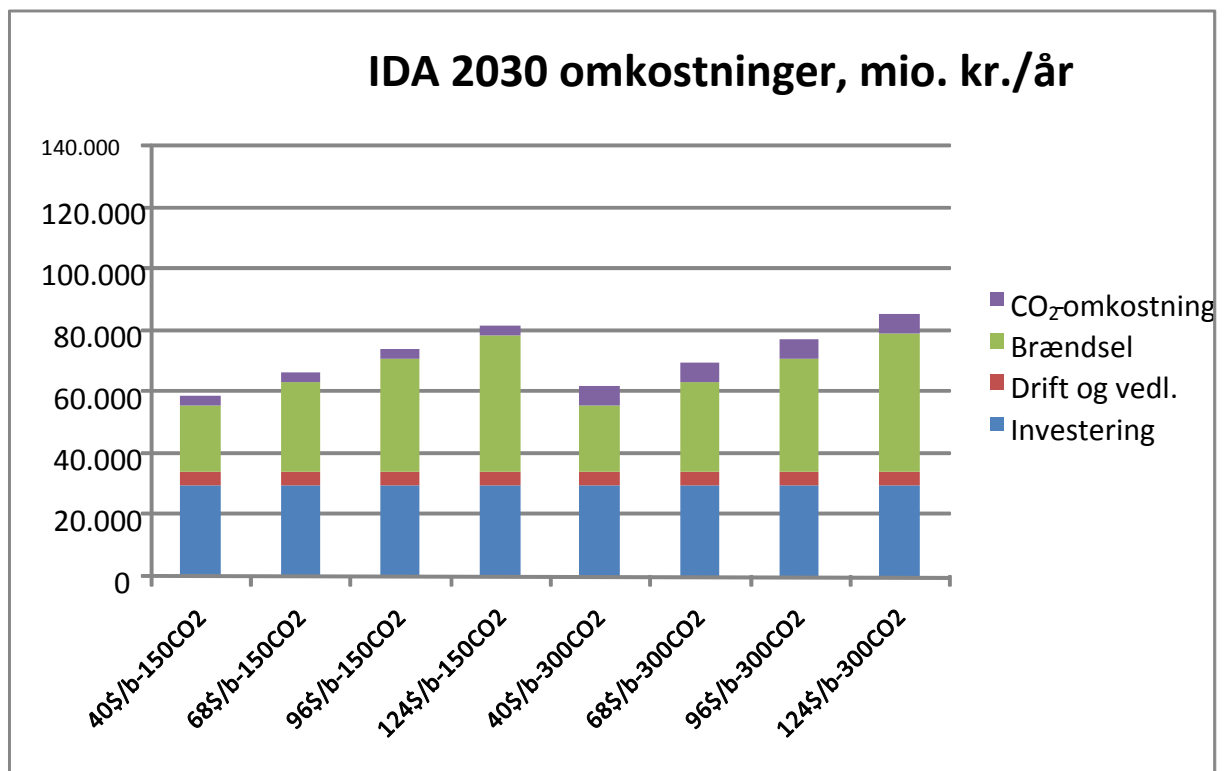
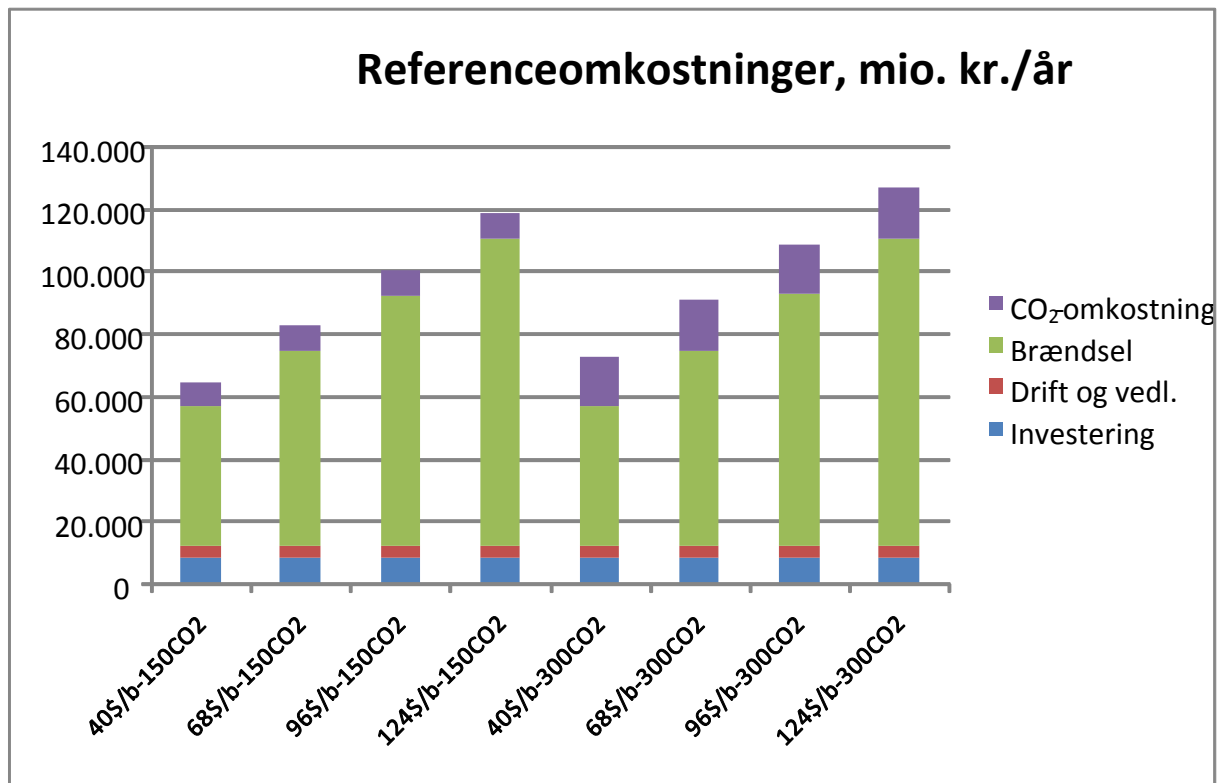
1. Opjustering af kul, olie og gaspris niveau

I IDA energiplan 2030 blev der regnet med tre kul-, olie- og naturgas-prissæt. I tabel 1 er disse prissæt vist samt suppleret med et fjerde prissæt svarende til en oliepris på 124 USD/tønde. Alle øvrige forudsætninger hvad angår dollarkurs mv. er det samme som forudsat i 2006.

Tabel 1: Brændselsprisforudsætninger (Kr/GJ)

<i>Dollarkurs</i> <i>6,00 kr/\$</i>	<i>Dollarkurs</i> <i>4,80 kr/\$</i>	<i>Råolie</i>	<i>Kul</i>	<i>Naturgas</i>	<i>Fuelolie</i>	<i>Gasolie</i> <i>Diesel</i>	<i>Benzin</i> <i>JP</i>	<i>Biomasse</i> <i>*)</i>
40 \$/tønde	50 \$/tønde	41,4	12,4	32,4	28,9	51,7	55,0	22,0/43,3
68 \$/tønde	85 \$/tønde	70,3	15,2	47,5	49,2	87,9	93,5	22,0/43,3
96 \$/tønde	120 \$/tønde	99,2	18,0	62,6	69,5	124,1	132,0	22,0/43,3
124 \$/tønde	155 \$/tønde	128,2	20,8	77,7	89,8	160,3	170,5	22,0/43,3

*) Halm på værker og træpiller hos individuelle forbrugere



Figur 1: Samfundsøkonomiske omkostninger for hhv. referencen (BAU 2030) og IDA energiplan 2030 med tilføjelse af et brændselspris-niveau svarende til 124 \$/b (og med en dollarkurs på 6,00 DKK/USD).

Resultatet af beregningen fremgår af figur 1. Som det ses, øges den samfundsøkonomiske gevinst, når brændselspriserne stiger. Med et prisniveau svarende til 124 USD/tønde (kurs 6,00 DKK/USD) vil de årlige omkostninger for det danske samfund kunne reduceres med 35-40 mia. kr. ved gennemførelsen af IDAs energiplan 2030 sammenlignet med referencen. De 35 mia. kr. gælder for en international CO₂-handelspris på 150 DKK/ton, mens de 40 mia. kr. gælder for en pris på 300 DKK/ton. For brændselspriser svarende til 40-96 USD/tønde (6,00 DKK/USD) ligger de tilsvarende besparelser i intervallet 5-30 mia. kr.

Reference

Som reference i Energiplan 2030 blev valgt Energistyrelsens basisscenario, som er en "Business as usual" fremskrivning af energiproduktion og -forbrug fra "Energistrategi 2025". I Energiplan 2030 er denne fremskrevet til 2030. I de indeværende analyser anno 2008 er der sammenlignet med den samme "Business As Usual" reference. Dette er gjort af hensyn til at sikre sammenlignelighed med de tidligere beregninger. Det betyder, at det netop vedtagne energiforlig ikke er med i referencen.

2. Opjustering af øvrige forudsætninger (CO₂-pris, biomasse, vindkraft og solceller)

Opjusteringen af øvrige omkostninger er gjort ud fra følgende betragtninger.

Elpris og CO₂-pris

I IDA Energiplan 2030 blev der taget udgangspunkt i Energistyrelsens forventning fra 2006 til en elpris anno 2030 på 349 DKK/MWh på Nord Pool i kombination med 150 kr./ton CO₂ [3]. Denne er her (2008) opjusteret til en elpris på 367 DKK/MWh i kombination med 175 kr./ton CO₂ [2].

Biomasse

I IDA energiplan 2030 blev der (jf. Energistyrelsens forudsætninger 2006 [3]) regnet med biomassepriser som anført i tabel 1, dvs. en halmpri på 22 DKK/GJ og en træpillepris på 43,3 DKK/GJ. Disse er her (jf. Energistyrelsens forudsætninger fra februar 2008 [2]) opjusteret til hhv. 24,7 og 59,9 DKK/GJ, hvilket fremgår af tabel 2.

Tabel 2: Brændselsprisforudsætninger

Kr/GJ	Råolie	Kul	Naturgas	Fuelolie	Gasolie Diesel	Benzin JP	Biomasse *)
40 \$/tønde	41,4	12,4	32,4	28,9	51,7	55,0	24,7/59,9
68 \$/tønde	70,3	15,2	47,5	49,2	87,9	93,5	24,7/59,9
96 \$/tønde	99,2	18,0	62,6	69,5	124,1	132,0	24,7/59,9
124 \$/tønde	128,2	20,8	77,7	89,8	160,3	170,5	24,7/59,9

*) Halm på værker og træpiller hos individuelle forbrugere

Herudover er der foretaget en række mindre justeringer i transport og håndteringsomkostningerne. Resultatet af justeringerne er angivet i tabel 3, som kan sammenlignes med en tilsvarende tabel i IDA Energiplan 2030 baggrundsrapporten (side 19).

Tabel 3: Transport- og håndteringsomkostninger for brændsler

Pristillæg (kr./GJ)	Kul	Naturgas	Fuelolie	Gasolie Diesel	Benzin JP	Biomasse *)
Til kraftværk (inkl. IBUS)	0,5	3,2	1,7			12,1
Til dec k/v, fjv og industri		7,8	14,0			8,1
Til individuelle hushold.		19,6		21,3		44,6
Til vejtransport				23,1	31,2	
Til flytransport					5,1	

*) Halm på værker og træpiller hos individuelle forbrugere

Vindkraft

Omkostninger til vindmøller var i IDA Energiplan 2030 opgjort med udgangspunkt i Energistyrelsens Teknologikatalog for el- og varmeproducerende anlæg [4]. For vindmøller til lands blev der regnet med 4 mio.kr./MW (levetid 20 år, d&v 0,5 %) og for offshore 8 mio. kr./MW (levetid 25 år, d&v 1,46 %). Siden udarbejdelsen af Teknologikataloget er priserne steget og Energistyrelsens forventninger til prisen på vindmøller opskrevet [5].

Her er der foretaget en opjustering med udgangspunkt i Energistyrelsens nye forventninger til vindmøller bygget i år 2020 som vist i tabel 4. Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne (D&V) er angivet til 90 kr./MWh for landmøller hhv. 110 kr./MWh for offshore vindmøller [5]. Disse omkostninger er imidlertid inklusive balancerings- og handelsomkostninger. Da sådanne omkostninger er medtaget andetsteds i beregningen af IDA energiplanen, er der her fratrasket 55 kr./MWh [2], og omkostningerne er omregnet til procent af anlægsinvesteringen.

Tabel 4, Nye omkostninger for land- og offshorevindmøller

	År	Investeringer (DKK/MW-e)	Levetid (år)	Faste D&V (% af inv.)	Ref.
Landvindmøller	2020	8,0	20	1 %	[2;5]
Offshorevindmøller	2020	14,0	25	1,5 %	[2;5]

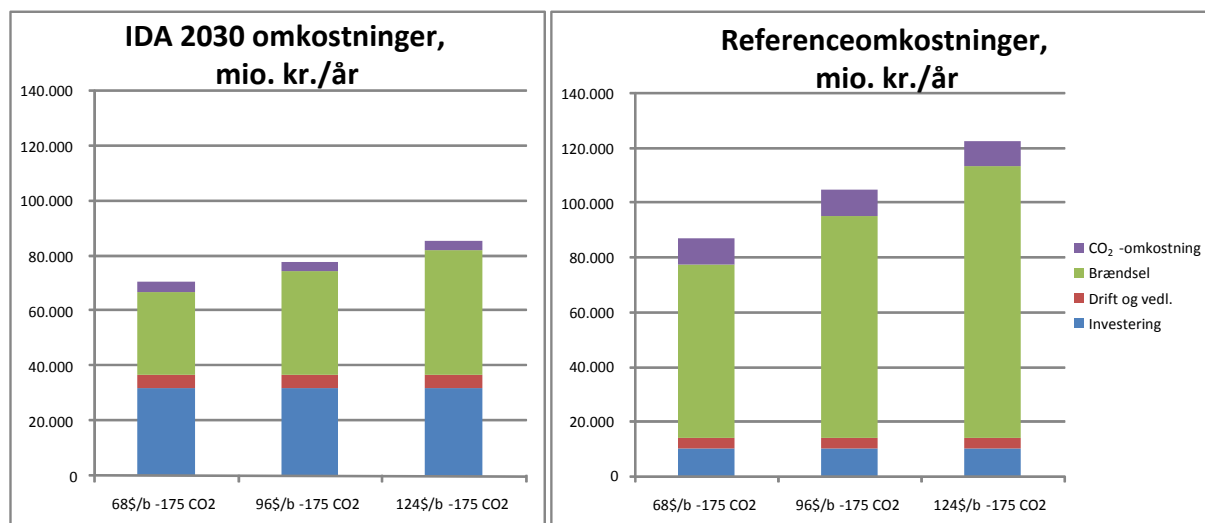
Solceller

For solceller blev det i IDA Energiplan 2030 vurderet, at solceller ville falde i pris til 7.500 kr./kW i 2015 og sandsynligvis til en anlægspris på 3.000 kr./kW i 2030. Levetiden blev sat til 25 år. Imidlertid forudsætter et sådant prisfald, at udbygningen opstartes allerede nu. Og på den baggrund blev der regnet med en gennemsnitsomkostning svarende til prisniveauet år 2015 på 7.500 kr./kW (levetid 25 år, d&v 0,25).

Set i lyset af den seneste udvikling på området er der foretaget en vurdering af disse forventninger. Jf. vedhæftede appendiks udarbejdet af Hans Jørgen Brodersen er det på den baggrund valgt at justere prisen for 2015 til 12.000 kr./kW (levetid 25 år, d&v 0,25). Denne forventning repræsenterer mere end en halvering af det nuværende omkostningsniveau, som er på ca. 40.000 kr./kW.

Resultater

Samtlige ovennævnte ændringer er indarbejdet i analysen og omkostningerne er fundet for de tre højeste af de fire oliepris-sæt. Resultatet er vist i figur 2.



Figur 2: Samfundsøkonomiske omkostninger for hhv. referencen (BAU 2030) og IDA energiplan 2030 efter opjustering af biomasse, CO₂-, vindkraft- og solcelle-omkostninger.

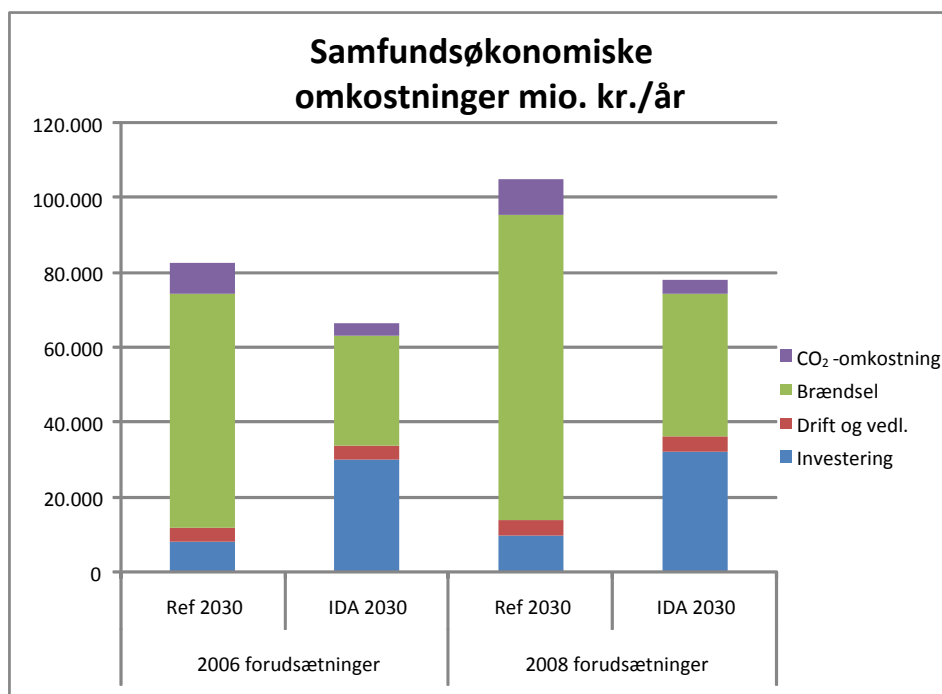
Med de nævnte opjusteringer stiger de samlede årlige omkostninger med 3-4 mia. kr. for såvel referencen som IDA Energiplan 2030. Omkostningsforøgelsen på vindkraft og solceller slår mest igennem på IDA energiplanen, mens CO₂ prisstigningen slår mest igennem på referencen. Det samlede omkostningsbillede er imidlertid det samme, nemlig at samfundet vil kunne nedbringe de årlige omkostninger med 20-40 mia. kr. ved gennemførelsen af Energiplan 2030 (med de forudsatte olie- og CO₂-priser).

Ligesom i rapporten fra 2006 er ovennævnte omkostninger opgjort for et lukket system uden handel med el på Nord Pool. Der er foretaget en mindre analyse af, hvordan handel vil påvirke resultatet. Analysen viser, at de samfundsøkonomiske nettoindtægter ved el-handel vil stige, når brændselspriserne som her stiger væsentligt mere end el-priserne på Nord Pool. De gennemsnitlige indtægter vil således stige fra i størrelsesordenen 0,5 mia. kr./år med forudsætningerne i 2006 rapporten til i størrelsesordenen 1 mia. kr./år. Der er imidlertid ikke forskel på indtægterne mellem referencen og IDA energiplan 2030, og set ift. de potentielle besparelser på 20-40 mia. kr./år er el-handelsomkostningerne af mindre betydning.

I 2006 blev samfundsøkonomien i IDA Energiplan 2030 opgjort med udgangspunkt i de daværende oliepriser og dollarkurser (68 USD/tønne, 6,00 DKK/dollar). Opgørelsen byggede på den antagelse, at de fremtidige oliepriser vil svinge i intervallet 40-96 USD/tønne med et gennemsnit på 68 USD/tønne.

Her er der foretaget en opjustering af en række omkostninger, herunder en opjustering af oliepriserne svarende til det nuværende niveau (maj 2008). Den nye opgørelse bygger igen på en antagelse om, at olieprisen vil svinge i et tilsvarende interval som den tidligere opgørelse, denne gang dog med de nuværende oliepriser og dollarkurser som gennemsnit. I figur 3 er resultatet sammenlignet med den

oprindelige vurdering. Hvor den samfundsøkonomiske besparelse ved gennemførelsen af IDA energiplanen i sammenligning med referencen i 2006 blev opgjort til 15 mia. kr./år bliver besparelsen med de opjusterede forudsætninger 27 mia. kr./år.

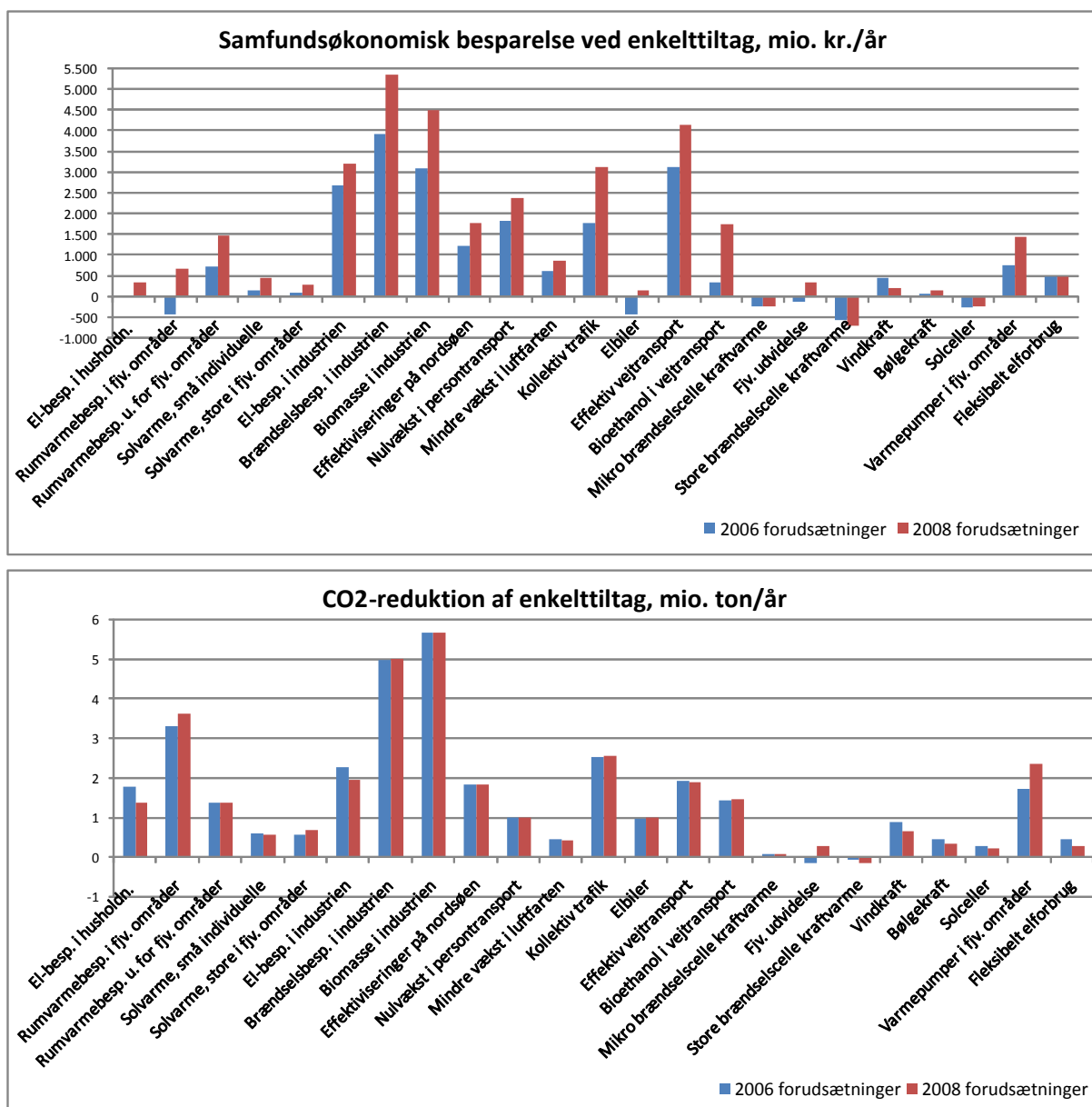


Figur 3: Samfundsøkonomiske omkostninger for hhv. referencen (BAU 2030) og IDA energiplan 2030 med hhv. 2006- og 2008-forudsætninger. Med 2006-forudsætninger forudsættes oliepriserne at svinge i intervallet 40 – 96 USD/tønde med 2006 prisniveauet 68 USD/tønde (dollarkurs 6,00 DKK/USD) som gennemsnit. Med 2008 er gennemsnittet 96 USD/tønde (dollarkurs 6,00 DKK/USD) svarende til det nuværende (maj 2008) prisniveau på 120 USD/tønde (dollarkurs 4,80 DKK/USD).

3. Beregning af enkelttiltag

Der er foretaget en beregning af IDA energiplanens enkelt-tiltag med "nuværende" oliepriser samt øvrige opjusteringer. Som nævnt er "nuværende" oliepriser her defineret ved prisniveauet 96 US\$/tønde. Dette skyldes, at der i ovennævnte prissæt for sammenligningens skyld er taget udgangspunkt i Energistyrelsens forudsætninger (2006), som opererer med en dollarkurs på 6,00 DKK/USD, hvor den i dag (5. maj) er ca. 4,80 DKK/USD. En oliepris på 96 USD/tønde ved dollarkursen 6,00 svarer således ved dagens kurs til en oliepris på 120 USD/tønde, hvilket svarer til det nuværende niveau. I ugen 5.-9. maj har olieprisen svinget mellem 115 og 123 USD/tønde. Kulprisen på 18-20 kr./GJ svarer også meget godt til den nuværende kulpris, som ligger på ca. 100 USD/ton.

Analyserne af enkelttiltagene er foretaget i et åbent system med handel med el på Nord Pool markedet. Handelen influeres af CO₂-handelsprisen 175 kr./ton, og CO₂-emissionerne er opgjort som de indenlandske reduktioner.



Figur 4: Samfundsøkonomiske omkostninger og CO₂ reduktioner af energiplanens enkelttiltag med hhv. 2006 og 2008 forudsætninger. Den marginale ændring af tiltagene er vurderet ift. reference-energisystemet.

Resultatet af analysen i form af samfundsøkonomisk besparelse samt CO₂-reduktion er vist i figur 4, hvor effekten af hvert enkelt tiltag er vurderet i forhold til referencen og sammenlignet med den tilsvarende effekt under de tidligere forudsætninger fra 2006.

Generelt er billedet, at værdien af hvert enkelt tiltag forøges under de nye forudsætninger. Følgende kan fremhæves:

- Rumvarmebesparelser i fjernvarmeområder bliver samfundsøkonomisk rentable.
- Elbiler bliver samfundsøkonomisk rentable.
- Fjernvarme-udvidelse bliver samfundsøkonomisk rentabel.

- Samfundsøkonomien i vindkraft formindskes pga. de øgede omkostninger, men er fortsat samfundsøkonomisk fordelagtige.
- Samfundsøkonomien i solceller forbedres, idet de højere brændsels- og CO₂-priser mere end kompenserer for justeringen af anlægsomkostningerne. Tiltaget kræver dog yderligere prisfald end til 2015-niveauet for at blive samfundsøkonomisk rentabelt.
- Store brændselscelle-kraftværker er fortsat ikke rentable i reference-systemet, og rentabiliteten forringes med stigende naturgaspriser. Det skal imidlertid understreges, at set i forhold til den samlede IDA Energiplan 2030 er brændselscellekraftværkerne rentable blandt andet pga. deres forbedrede reguleringsfleksibilitet.
- Rentabiliteten i varmepumper i tilknytning til decentrale kraft/varmeanlæg stiger markant. Det skyldes kombinationen af moderate stigninger i gennemsnits-el-priser og store stigninger i brændselsomkostningerne.

Mht. CO₂-reduktioner er det generelle billede, at disse ikke ændres. Dog er der visse mindre forskydninger. For eksempel formindskes CO₂-reduktionen af el-besparelser og el-producerende VE-anlæg. Dette skyldes, at med de nye (2008) forudsætninger øges importen, idet el-priserne stort set fastholdes, mens brændselspriserne stiger. Og i et system med meget import giver el-besparelser ikke kun indenlandske CO₂-besparelser, men også reduktion i importen. Samme mekanisme gør sig gældende ift. varmepumper, dog med omvendt fortegn.

Referencer

- [1] H. Lund og B. V. Mathiesen, "Ingeniørforeningens Energiplan 2030 - Tekniske energisystemanalyser, samfundsøkonomisk konsekvensvurdering og kvantificering af erhvervspotentialer. Baggrundsrapport (Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030)," Danish Society of Engineers (Ingeniørforeningen Danmark), Copenhagen, dec.2006.
- [2] Danish Energy Authority, "Forudsætninger for Samfundsøkonomiske beregninger på energiområdet (Premises for socio-economic calculations within energy)," Danish Energy Authority (Energistyrelsen), Copenhagen, Feb.2008.
- [3] Danish Energy Authority, "Appendiks: Forudsætninger for Samfundsøkonomiske beregninger på energiområdet (Premises for socio-economic calculations within energy)," Danish Energy Authority (Energistyrelsen), Copenhagen, July2006.
- [4] Danish Energy Authority, Elkraft System, and eltra, "Technology Data for Electricity and Heat Generation Plants," Energistyrelsen (Danish Energy Authority), Copenhagen, Denmark, Mar.2005.
- [5] Danish Energy Authority, "Basisfremskrivning af Danmarks energiforbrug frem til 2025 (Forecast of the Danish Energy Supply until 2025)," Energistyrelsen (Danish Energy Authority), Copenhagen, Jan.2008.

Appendiks

Notat vedr. solceller til nye beregninger af IDA Energiplan 2030

Af civilingeniør Hans Jørgen Brodersen

Målet er at få så stor en andel af solcelleenergi ind i det danske el-system som muligt, idet denne energiproduktion er CO₂-fri og meget miljøvenlig ud over det bidrag, produktionen af udstyr og anlæg medfører. Energi- og livscyklusbetragtninger over anlæggene falder dog ud til fordel for solcelle teknologien. Samtidig er denne energiproduktion forholdsvis let at integrere i både den eksisterende bebyggelse og den fremtidige, uden at den nævneværdigt, om overhovedet, skæmmer bygnings-, kultur- og naturværdier. Energien produceres lokalt og involverer ofte forbrugeren i selve produktionen. Enkelte gener i form af refleksioner og spejlinger af stærkt lys fra anlæggene kan forekomme, men kan som oftest undgås gennem planlægning og teknologiske løsninger.

Danmark er kommet meget sent i gang med at anvende denne form for vedvarende energiproduktion, mens nære lande som Tyskland, Østrig og Spanien og fjernere lande som Australien, Japan og USA alle har meget store vækstrater i udnyttelsen af denne energiform. For alle landene gælder det, at solceller regnes for væsentlige bidragsydere til disse landes CO₂-reduktioner. Den lille globale produktionskapacitet af anlæg, prisen, økonomien bag og rentabiliteten for solcelleanlæg har været den største faktor for deres manglende udbredelse. Forskellige tilskudsformer og feed-in tariffer har derfor stor betydning for den store udbredelse, de succesfulde lande har med solcelleteknologien.

Et realistisk mål for Danmark med dets nordlige geografiske og relativt solfattige placering er 10 % fuldlasttimer og en installeret effekt på 700 MW. Væksten i anlæg skal derfor være et højvækstscenarie med op til 30 % vækstkurver frem til 2030.

Solcelleanlæg er i 2006-2008 stadig relativt dyre anlæg. Baseret på installerede, siliciumbaserede anlæg inklusive konvertere i 2007-8 uden tilskud ved "EnergiMidt" (der er Danmarks mest erfarne udbyder af anlæg til private og erhverv) er prisniveauet for 680Wp på knap 40.000 DKK inklusive moms, eller for 250Wp på ca. 16.500 DKK inklusive moms. Prisen ligger mellem ca. 60 DKK/Wp og 66 DKK/Wp. Dette svarer til en installeret pris på ca. 45.000 DKK/kW eksklusive moms.

I IDAs hovedrapport "Energiplan 2030" fra 2006 kan man, baseret på "Learning curves" over de seneste 30 års udvikling inden for solcelleudviklingen, konstatere et prisfald på gennemsnitligt 20 %. Denne udvikling må forventes at flade lidt ud, efterhånden som markedet når en vis størrelse. Analogt til solvarmeudbredelsen er der dog med den seneste udvikling grund til at tro, at solcelleudbredelsen og prisniveauet forventeligt også vil afhænge af uddannelsen af arbejdskraft, og "gør det selv"-folket, der effektivt kan installere anlæggene, kombineret med en generel folkelig opbakning. Det globale marked er også under hurtig forandring. Vækst i produktionsfaciliteter af anlæg sammen med udviklingen af Turnkey, "pakkeanlæg" og færdige standardanlæg til hurtig installation vil også være med til at sænke prisen. Inden for solceller er der samtidig stor forskning og udvikling i nye og bedre anlæg. Tyndfilmsteknologien og nanoteknologien presser stærkt på, og udviklingen inden for solcellebranchen spår om produktionspriser på under 1\$/Wp (ca. 6000 DKK/kW) allerede i 2010 for langtidsholdbare anlæg. I Danmark er Risø langt med fremme i denne forskning, ligesom andre forskningsinstitutioner også bidrager med ny viden om solcelleanlæggene. "Learning curves" med

20 % prisfald er derfor meget sandsynligt i underkanten. Større prisfald kan forventes, og et høj-vækstscenarie er mere sandsynligt. Et estimat for prisudviklingen i Danmark er, at man i 2016 kan have et anlægsprisniveau på ca. 7.500 DKK/kW og i 2030 sandsynligvis en standardanlægspris på 3.000 DKK/kW. Installerede anlæg kan forventes på 10.000-12.000DKK/kW i 2016 og 5-6000 DKK/kW i 2030. Disse estimater er positive, men baseres på branchens estimater og den generelle udvikling beskrevet ovenfor. Der lægges op til, at det i Danmark forventes, at et solcelleanlæg opsat på et hus-tag har en levetid på 25 år.

På den baggrund er det valgt i visionen at udbygge med 700 MW solceller og at indregne en gennemsnitsomkostning svarende til prisniveauet år 2015 på 12.000 kr./kW (levetid 25 år, d&v 0,25).

Notatet er baseret på bl.a.:

- "Strategic Research Agenda for PhotoVoltaic Solar Energy Tecnology" 2007, European PhotoVoltaic Technology Platform, EU; (der har et konservativ udviklingsscenarie).
- Webinformationer om solceller fra EnergiMidt.
- PAenergi A/S.
- www.Solarplaza.com og "International Solar Expert Conference" June 2008.